

Eficiência no uso da água e dos nutrientes em diferentes rotações culturais na área de influência de Alqueva

Water and nutrients use efficiency in different crop rotations in the Alqueva region

Alexandra Tomaz^{1,2*}, Manuel Patanita^{1,2}, Isabel Guerreiro¹, Luis Boteta³, José Ferro Palma¹

¹ Departamento de Biociências, Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Beja. R. Pedro Soares S/N, 7800-295 Beja, Portugal. *e-mail do autor de contacto: atomaz@ipbeja.pt

² GeoBioTec, Universidade Nova de Lisboa. Campus da Caparica, 2829-516 Caparica, Portugal.

³ Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio, Quinta da Saúde, Apartado 354, 7801-904 Beja, Portugal

Resumo

Em agricultura de regadio, com a adoção de práticas agrícolas mais intensivas, a melhoria da eficiência produtiva depende de uma adequada gestão dos recursos naturais. Com a implementação do perímetro de rega de Alqueva, a intensificação agrícola no Alentejo é uma realidade que impõe aos agricultores o desafio de produzir mais e com maior eficiência, garantindo a sustentabilidade dos sistemas de cultivo. Este trabalho resultou de um projecto de demonstração realizado em duas explorações agrícolas situadas no perímetro de rega de Alqueva. Estudaram-se os rendimentos e a eficiência de uso da água (WUE) e de nutrientes (NUE) numa monocultura de milho (MM) e em duas rotações, cevada+milho-cevada (CM-C) e girassol-cevada+milho (G-CM). Quando o rendimento potencial da cultura foi alcançado, o milho apresentou os maiores valores de WUE. Globalmente, como resultado das menores produtividades, os valores de WUE apontam para um menos equilibrado desempenho da rotação G-CM. A WUE e a NUE do azoto nas várias culturas e rotações seguiram um padrão semelhante. As sucessões MM e CM-C apresentaram os melhores indicadores de NUE em relação ao azoto e ao fósforo. Em todas as sucessões culturais, a NUE do potássio foi baixa, evidenciando a necessidade de equacionar de forma cuidada as aplicações deste nutriente por fertilização.

Palavras-chave: Alqueva; Monocultura; NUE; Rotação; WUE.

Abstract

In irrigated agriculture, with the adoption of more intensive agricultural practices, the way to improve productive efficiency depends on the proper management of natural resources. With the implementation of the Alqueva irrigation perimeter, agricultural intensification in Alentejo is a reality that impose to farmers the challenge of producing more and more efficiently, ensuring the sustainability of the farming systems. This work resulted from a demonstration project carried out in two farms located in the Alqueva irrigation perimeter. Yield, water use efficiency (WUE) and nutrients use efficiency (NUE) were studied in a maize monoculture (MM) and in two rotations, barley+maize-barley rotation (CM-C) and sunflower-barley+maize rotation (G-CM). When the potential crop yield was reached, maize had the highest WUE values. Overall, as a result of the lower productivities achieved, the WUE values indicate a less balanced performance of the G-CM rotation. The WUE and the nitrogen NUE in the different crops and rotations followed a similar pattern. The MM and CM-C successions showed the best indicators of NUE for nitrogen and phosphorus. In all the crops successions, the potassium NUE was low, suggesting the need to carefully equate the additions of this nutrient by fertilization.

Keywords: Alqueva; Water use efficiency; Nutrient use efficiency; Monoculture; Rotation.

Introdução

Na região do Alentejo, a agricultura está condicionada pelas características de um clima mediterrânico, em que se destaca o verão quente e seco (aumentando potenciais problemas de escassez de água), e uma grande variabilidade, sazonal e interanual, da distribuição da precipitação e da evapotranspiração, que resulta em áreas com um ciclo hidrológico bastante irregular e mais suscetíveis a secas. Face a esta realidade, nos últimos anos, com o desenvolvimento dos aproveitamentos hidroagrícolas do Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA), os agricultores da região recorrem cada vez mais à rega das suas culturas. À procura crescente de água para rega adiciona-se inevitavelmente um incremento no uso de fertilizantes o que torna imperiosa a procura de soluções técnicas que contribuam para uma intensificação sustentável da agricultura. Embora o caminho para a melhoria das respostas produtivas esteja dependente de uma adequada gestão da água, para ela contribuem de forma igualmente determinante a escolha das espécies e cultivares melhor adaptadas às condições edafoclimáticas locais e a seleção criteriosa das operações de cultivo empregues [1,2]. Em oposição às monoculturas, a diversificação de culturas em rotação é uma forma de melhorar a eficiência no uso da água e dos nutrientes, bem como de regularizar as produções [2, 3]. A avaliação da resposta das culturas à rega e à fertilização pode permitir a identificação da melhor forma de alocar os recursos disponíveis às diferentes culturas [4]. A eficiência de utilização dos recursos por culturas submetidas a diferentes níveis de rega ou de fertilização tem sido alvo de muitos trabalhos [2, 4-6]. Estes centraram-se especificamente em culturas como o milho (*Zea mays* L.), o trigo duro (*Triticum durum* Desf.), o girassol (*Helianthus annuus* L.) ou a cevada (*Hordeum vulgare* L.) e não em rotações das mesmas. Tendo por base estas considerações, neste estudo, pretende-se: (i) analisar os valores de eficiência de uso da água, da água de rega, e do azoto, fósforo e

potássio disponíveis para cada uma das culturas e sucessões de culturas estudadas (ii) avaliar o desempenho das sucessões culturais estudadas com base nos conceitos de eficiência de uso dos recursos.

Material e métodos

O estudo decorreu entre 2012 e 2014, em três rotações bianuais: uma monocultura de milho (MM); uma rotação cevada+milho→cevada (CM-C) e uma rotação girassol→cevada+milho (G-CM). As rotações localizaram-se em duas explorações agrícolas nos concelhos de Aljustrel (duas primeiras) e de Serpa, no perímetro de rega de Alqueva. Os solos das parcelas estudadas são Cambissolos. O clima é, na classificação de Köppen, Mediterrânico, do tipo Csa. As estações meteorológicas da rede de Serviço de Apoio ao Regante do Alentejo (SAGRA) do Centro Operativo de Tecnologias do Regadio (COTR) forneceram a informação meteorológica. A avaliação da fertilidade do solo fez-se com base na determinação dos seguintes parâmetros: teor de matéria orgânica total; reação do solo – pH (H₂O); teores em fósforo e potássio. Os trabalhos de preparação do solo foram os normalmente praticados pelos agricultores, à exceção das culturas de milho como segunda cultura, onde se efetuou sementeira direta sobre o restolho da cevada. Todas as culturas foram regadas por aspersão, através de *center-pivot*, e com a rega procurou-se a satisfação da totalidade das necessidades hídricas das culturas. As dotações de rega foram registadas com udómetros automáticos. A Evapotranspiração cultural (ET_c) foi calculada usando o MOGRA (Modelo para a Gestão da Rega do Alentejo), uma ferramenta de cálculo do balanço hídrico (Quadro 1).

Os indicadores de eficiência de utilização (ou produtividade) da água usados foram [1, 7–9]: (i) eficiência de uso da água, calculada por $WUE=R/ET_c$, onde R é o rendimento (Kg/ha) e ET_c é a evapotranspiração da cultura (m³/ha); (ii) eficiência de uso da água de rega, determinada através de $IRRWUE=R/DTR$,

onde DTR é a dotação total de rega aplicada por ciclo (m³/ha).

Quadro 1 – Evapotranspiração cultural, dotação total de rega e quantidades de nutrientes aplicados por adubação.

Rotação	Cultura (ano)	ETc (m ³ /ha)	Dotação de rega (m ³ /ha)	N aplicado (kg/ha)	P (kg/ha de P ₂ O ₅)	K (kg/ha de K ₂ O)
MM	Milho (2013)	6696	6970	359.3	94.7	150.0
	Milho (2014)	6531	6260	359.3	94.7	150.0
CM-C	Cevada (2013)	3850	1000	150.0	15.0	20.0
	Milho (2013)	3987	4270	285.5	45.0	22.5
	Cevada (2014)	3968	660	155.0	20.0	25.0
G-CM	Girassol (2013)	5348	4470	131.0	47.0	67.0
	Cevada (2014)	3362	340	92.7	33.0	0.0
	Milho (2014)	4577	4390	168.4	66.8	110.2

Na determinação da eficiência de uso dos nutrientes, usaram-se as relações seguintes [3-5, 10]: (i) eficiência de uso do azoto disponível, dada por $NUE_N = R/N_D$, onde N_D é o N disponível (kg/ha), resultante de fertilização mineral, não se considerando as quantidades de N que podem ser libertadas por mineralização da matéria orgânica, à exceção dos casos em que o seu teor é superior a 2.5%; (ii) eficiência de uso do fósforo disponível, calculada por $NUE_P = R/P_D$, onde P_D corresponde ao P₂O₅ disponível (kg/ha), resultante da fertilização mineral e do teor extraível; (iii) eficiência de uso do potássio disponível, calculada por $NUE_K = R/K_D$, onde K_D corresponde ao K₂O disponível (kg/ha), resultante da aplicação de fertilizantes minerais e do teor extraível.

Resultados e discussão

Os valores de WUE nas várias culturas (Quadro 2) encontram-se próximos dos encontrados na literatura [3–6, 9]. A única exceção verifica-se no milho da rotação G-CM cuja baixa WUE se explica pela sua reduzida produtividade (Quadro 3), resultante de um forte ataque de broca (*Sesamia nonagrioides* Lefèvre) e de problemas na sua implantação como segunda cultura, após a cevada, relacionados com o controlo de infestantes (monocotiledóneas) em pós-emergência, bem como com a data de colheita devido à ocorrência de um

período chuvoso prolongado após a fase de maturação.

Quando o rendimento potencial da cultura é alcançado, o milho apresenta maiores valores de WUE comparativamente à cevada ou ao girassol. Nos valores de IRRWUE, verificou-se que no milho e girassol, os valores não diferem dos de WUE devido à baixa contribuição da precipitação para a satisfação das necessidades hídricas destas culturas de Primavera-Verão. Pelo contrário, no caso da cevada, há diferenças consideráveis entre os valores de IRRWUE e de WUE.

Quadro 2 – Eficiências de uso da água consumida (WUE) e da água de rega (IRRWUE); eficiências de uso do azoto (NUE_N), do fósforo (NUE_P) e do potássio (NUE_K) disponíveis.

Rotação	Cultura (ano)	WUE (kg/m ³)	IRRWUE (kg/m ³)	NUE_N (kg/kg)	NUE_P (kg/kg)	NUE_K (kg/kg)
MM	Milho (2013)	2.2	2.2	41.7	81.7	24.5
	Milho (2014)	2.6	2.7	47.3	112.6	39.8
CM-C	Cevada (2013)	1.3	5.1	33.9	81.9	21.2
	Milho (2013)	2.7	2.5	37.5	62.7	17.7
	Cevada (2014)	1.2	7.4	31.6	51.2	12.8
G-CM	Girassol (2013)	0.5	0.6	15.6	28.3	9.5
	Cevada (2014)	1.3	12.4	32.2	48.5	14.4
	Milho (2014)	1.0	1.0	26.0	39.2	12.7

Destaca-se o elevado valor de IRRWUE na cevada da rotação G-CM que sendo a menos produtiva foi também a que menor quantidade de água de rega recebeu. Em termos globais, os valores destes indicadores apontam para um menos equilibrado desempenho da rotação G-CM, essencialmente no que respeita à eficiência/produktividade da água usada.

Quadro 3 – Rendimentos das culturas, expressos em kg/ha.

Rotação	Cultura (ano)	Rendimento (kg/ha)
MM	Milho (2013)	15000
	Milho (2014)	17000
CM-C	Cevada (2013)	5078
	Milho (2013)	10700
	Cevada (2014)	4900
G-CM	Girassol (2013)	2544
	Cevada (2014)	4265
	Milho (2014)	4370

Os valores de NUE_N foram superiores no milho em monocultura, com o menor valor a verificar-se no milho da rotação G-CM, refletindo primordialmente as

produtividades obtidas. A comparação dos valores da literatura para a cultura do milho [3, 4, 10] com os obtidos neste trabalho, mostra que os valores se enquadraram no que é expectável. No que à cevada diz respeito, destaca-se que os valores foram inferiores aos obtidos por [5] que encontraram valores ao redor de 50 kg/kg em cevada e em trigo. O baixo valor de NUE_N determinado para o girassol, indica que a cultura foi pouco eficiente na utilização do N disponível se tivermos em conta os valores médios deste indicador, normalmente no intervalo 40 - 90 kg/kg [10]. A baixa NUE_N do girassol refletirá o facto de a cultura não ter atingido o seu rendimento potencial, com a consequente menor mobilização do azoto disponibilizado por adubação. Verifica-se que a WUE e a NUE_N nas várias culturas e rotações seguiram um padrão semelhante, evidenciando interligação entre as respostas produtivas ao N e as disponibilidades hídricas para as culturas. A NUE_P obtida está, em quase todas as culturas, dentro dos intervalos médios referidos por [10], 45 – 110 kg/kg de P_2O_5 . Mais uma vez a exceção é o girassol na rotação G-CM, bem como o milho na mesma rotação. Estes resultados demonstram que sempre que o potencial produtivo dos cultivos foi alcançado, não sendo afetado por fatores de *stress* hídrico, fitossanitário ou resultante de práticas agronómicas menos ajustadas, as rotações estudadas e as culturas a elas associadas mostraram-se eficientes na utilização de P. O valor de NUE_P do milho da monocultura cultivado em 2014 resultou da maior produtividade obtida e de uma menor disponibilidade de P extraível presente no solo, mostrando que a cultura utilizou de forma muito eficaz o P disponibilizado pela fertilização mineral. Verificaram-se, em todas as culturas, baixos valores de NUE_K , considerando como referência os valores médios para as culturas em geral [10]: 60 – 165 (kg/kg de K_2O), referidos contudo apenas ao K veiculado por fertilização. Tais resultados sugerem que as fertilizações potássicas poderiam ter sido inferiores, sem risco de comprometer os rendimentos esperados. À semelhança dos valores obtidos nos restantes indicadores, o milho foi a cultura

mais eficiente na utilização do K. No cômputo geral, a monocultura de milho e a rotação cevada+milho-cevada são as sucessões culturais com melhores indicadores de eficiência de uso de nutrientes, principalmente de N e de P.

Agradecimentos

Os autores agradecem à equipa do projecto PRODER, ROTALQ - *Soluções integradas de rotações culturais com viabilidade técnica e económica na área de influência do Alqueva*. Um agradecimento especial é devido às Sociedades Agrícolas Agro Vale Longo e Saramago de Brito.

Este trabalho é uma contribuição para o projeto UID/GEO/04035/2013 financiado pela FCT-Fundação para a Ciência e Tecnologia, em Portugal.

Referências bibliográficas

- [1] Pereira, L.S., Cordery, I., Iacovides, I., 2012. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. *Agric. Water Manag.* 108: 39–51.
- [2] Nevens, F., Reheul, D., 2001. Crop rotation versus monoculture: Yield, N yield and ear fraction of silage maize at different levels of mineral N fertilization. *Netherlands J. Agric. Sci.*, 49: 405-425.
- [3] Pikul, J.L., Hammack, L., Riedell, W., 2005. Corn yield, nitrogen use, and corn rootworm infestation of rotations in the Northern Corn Belt. *Agron. J.*, 97:854-863.
- [4] Di Paolo, E., Rinaldi, M., 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. *Field Crops Res.*, 105: 202-210.
- [5] Albrizio, R., Todorovic, M., Matic, T., Stellacci, A.M., 2010. Comparing the interactive effects of water and nitrogen on durum wheat and barley grown in a Mediterranean environment. *Field Crops Res.* 115: 179–190
- [6] Morell, F.J., Lampurlanés, J., Álvaro-Fuentes, J., Cantero-Martínez, C., 2011. Yield and water use efficiency of barley in a semiarid Mediterranean agroecosystem: Long-term effects of tillage and N fertilization. *Soil Tillage Res.* 117: 76–84
- [7] Howell, T.A., 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agron. J.*, 93: 281-289.
- [8] Zwart, S.J., Bastiaanssen, W.G.M., 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agric. Water. Manag.*, 69: 115-133.
- [9] Dağdelen, N., Yılmaz, E., Sezgin, F., Gürbüz, T., 2006. Water-yield relation and water use efficiency of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and second crop corn (*Zea mays* L.) in western Turkey. *Agric. Water Manag.*, 82: 63–85.
- [10] Fixen, P., Brentrup, F., Bruulsema, T.W., Garcia, F., Norton, R., Zingore, S., 2015. Nutrient/fertilizer use efficiency: measurement, current situation and trends. In: Drechsel, P., Heffner, P., Magen, H., Mikkelsen, R., Wichelns, D. (Eds.), *Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification*. IFA, IWMI, IPNI, IPI. Paris, France: 8-38.